	# Cours Niveau 3 Ordinateurs ©- E.B -	
✓Justification ✓Apport de l'ordinateur ✓Règle d'utilisation ✓Plongée multi-niveaux ✓Principe de fonctionnement	**BRASSART Eric (E2)** **Créé : Décembre 2005** **Modifié : Janvier 2006**	Responsables pédagogiques **J. Duquenoy (MF2)** **C. Dobel (MF1)**

Les ordinateurs

Justification de leur utilisation

Un ordinateur de plongée permet d'optimiser son temps de plongée en calculant automatiquement la décompression à réaliser par le plongeur.
Le calcul de décompression par les tables de décompression (MN90, PADI, BULHMANN, etc.) consiste à modéliser une plongée de type rectangulaire (voir cours sur les tables de plongée). Cette notion de plongée rectangulaire revient à dire qu'entre les moments de l'immersion et du début de la remontée, les calculs de tables considèrent que le plongeur est resté à la profondeur maximale atteinte dans l'intervalle de temps. L'ordinateur de plongée va, au contraire, découper la plongée en tranches de temps en essayant de se rapprocher au plus prés du profil réel et, pour chacune des tranches, calculer la saturation des tissus en azote. De cette saturation et d'un modèle mathématique, l'ordinateur calcule la décompression à effectuer par le plongeur. De cette manière l'ordinateur déterminera des temps de décompression inférieure aux tables de plongée, par contre la tolérance à l'erreur est beaucoup moins grande.

Apport de l'ordinateur

L'ordinateur de plongée permet de calculer la décompression en fonction des facteurs extérieurs (selon les modèles). Par exemple :

- Température de l'eau,
- Essoufflement du plongeur (pour les ordinateurs à gestion d'air) ,
- Autonomie d'air (consommation),
- Altitude (cas de la plongée en altitude),
- Densité du milieu (eau douce ou eau de mer).

Il peut aussi permettre de :

- Mesurer la vitesse de remontée et d'alerter le plongeur en cas de remontée trop rapide
- Indiquer le temps de plongée restant avant d'avoir besoin d'effectuer des paliers de décompression
- Indiquer la profondeur des paliers
- Indiquer le dépassement de la profondeur du palier
- Alerter sur l'usage de procédures de remontées non conformes au modèle de décompression prévu par l'ordinateur

Règles d'utilisation

Le cadre général d'utilisation d'un ordinateur est quand la profondeur maximale de la plongée est atteinte au tout début de celle-ci et que la suite corresponde soit à une évolution montante à partir de cette profondeur maximale (profil montant, ou normal). La validité d'un calcul de décompression est garantie que pour ces profils d'évolution.

Pour les autres profils ce calcul n'est pas garanti :

- Profil inversé,
- Lors de plongées successives, la première plongée doit être plus profonde que la deuxième,
- Les profils de style YoYo (montées et descentes successives dans une même plongée).

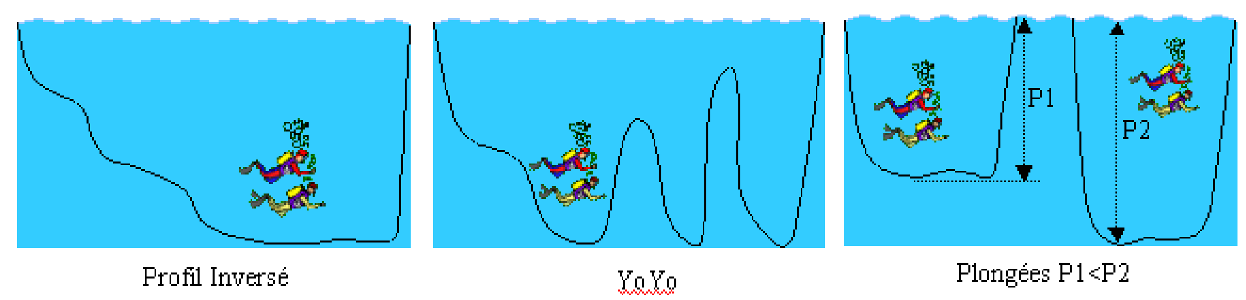


***Figure 1** : Plongées ne garantissant pas un calcul de décompression correct*

Principe de fonctionnement des premiers ordinateurs : la plongée multi-niveaux

Ce premier principe permet de mettre en évidence le travail qu'a à réaliser un ordinateur[1] lors d'une plongée. La plongée multi-niveaux permet de simuler une plongée en se positionnant, dans les tables, toujours à la limite des temps ou démarrerait un palier. Dans ces plongées on atteint la profondeur maximale en tout début d'immersion, puis on remonte successivement de niveaux en niveaux.

Les principes énoncés tout au long de ce cours reposerons sur l'utilisation des tables MN 90 (Voir cours sur les tables). Nous essaierons de comprendre comment fonctionnent ces machines à l'aide des tables de plongée classiques avec des profils vu dans les cours précédents.

Pour calculer un profil multi-niveaux à l'aide des tables MN90, il suffit de suivre la procédure suivante :

- Calculer le temps ou l'on peut rester à la profondeur maximale sans palier (on détermine le coefficient d'azote résiduel pour ce temps).
- Remonter par la suite à une nouvelle profondeur et rechercher le temps qui correspond à ce coefficient d'azote. Les nouveaux paramètres de plongée sont maintenant ce nouveau temps et cette nouvelle profondeur. Nous pouvons y rester pendant le temps qui reste sans palier et on note le nouveau coefficient d'azote résiduel. Nous pouvons réitérer ce principe jusqu'en surface.

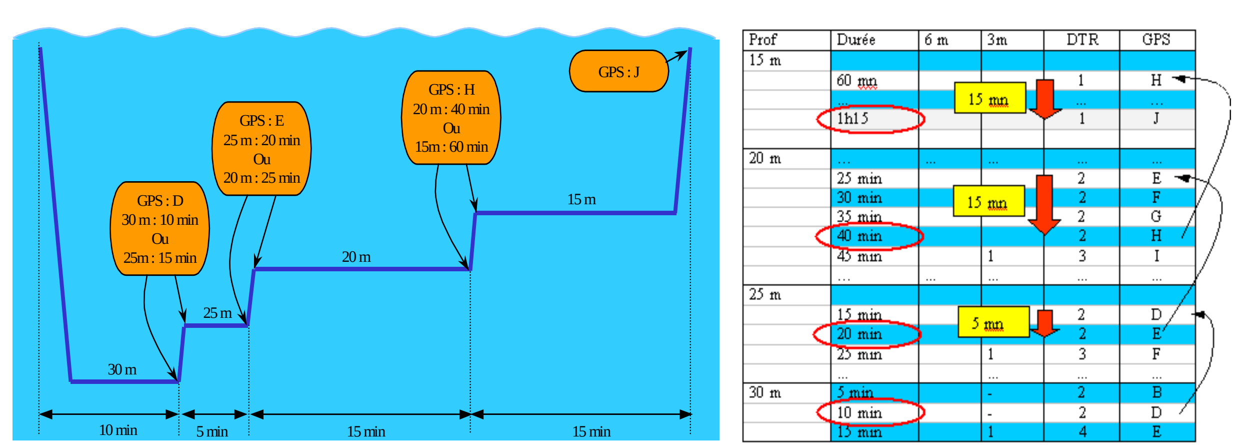
<u>Par exemple</u> :

- Nous descendons à 30 mètres pendant 10 min, nous obtenons un coefficient D.
- Nous remontons à 25 mètres. Pour D, nous obtenons le temps de 15' (c'est le temps équivalent pour le même niveau de saturation qu'à 30 m). Nous pouvons donc rester encore 5' à 25 mètres avant d'atteindre un temps amenant un palier et nous sortons avec coefficient d'azote résiduel équivalent à E.
- Nous remontons à 20 mètres, Pour E, nous trouvons le temps 60'. Nous pouvons rester encore 15min à 20m avec un coefficient H.
- Nous remontons à 15 mètres, ce qui nous donne 1H00 pour H. Nous pouvons y rester 15 min avant d'atteindre le coefficient J.

Le temps total de plongée sans palier :

[10 min à 30 m] + [5 min à 25 m] + [15 min à 20 m] + [15 min à 15 m] = 45 min

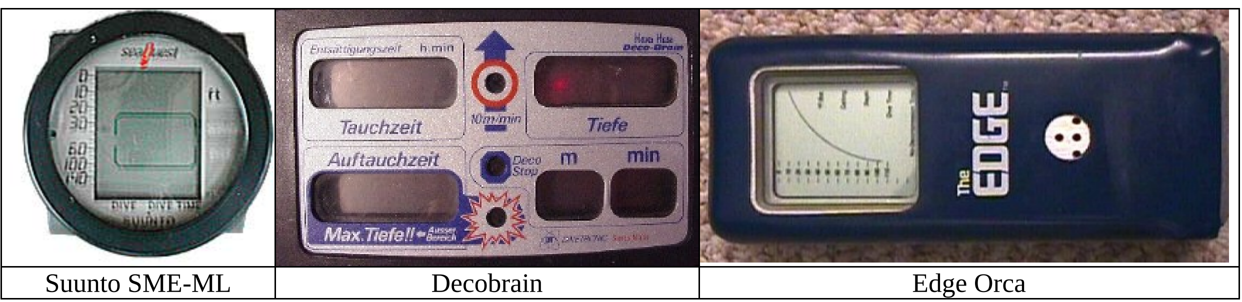
[1] Cette logique était utilisée sur les premiers ordinateurs de plongée [EDGE (Orca) - 1981] ; [Decobrain -1985] ; [SME-ML (Sunnto) – 1987] ; [Aladin (Beuchat) - 1987]



Prof	Durée	6 m	3m	DTR	GPS
15 m					
	60 mn			1	H
	...			...	...
	1h15			1	J
20 m	...	...	...	...	...
	25 min			2	E
	30 min			2	F
	35 min			2	G
	40 min			2	H
	45 min		1	3	I
	...	...	...	...	...
25 m					
	15 min			2	D
	20 min			2	E
	25 min		1	3	F
	...		...	...	...
30 m	5 min		-	2	B
	10 min		-	2	D
	15 min		1	4	E

Figure 2 : profil de la plongée multi niveaux de l'exemple 1

Figure 3 : Recherche dans les tables correspondantes



Suunto SME-ML	Decobrain	Edge Orca

Figure 4 : Les premiers ordinateurs de plongée multi-niveaux

Principe de fonctionnement d'un ordinateur

Le rôle principal d'un ordinateur de plongée est de calculer en temps réel l'état de saturation en azote du plongeur, et de contrôler complètement la plongée à la place du plongeur (voir paragraphe '*Apport de l'ordinateur*').

Le temps est divisé en courts intervalles (env. 1 seconde) et pour chacun de ces intervalles, l'ordinateur mesure la pression ambiante. Il en déduit, grâce aux équations mathématiques du modèle simulant le corps humain les variation de tension en azote dans les différents compartiments.

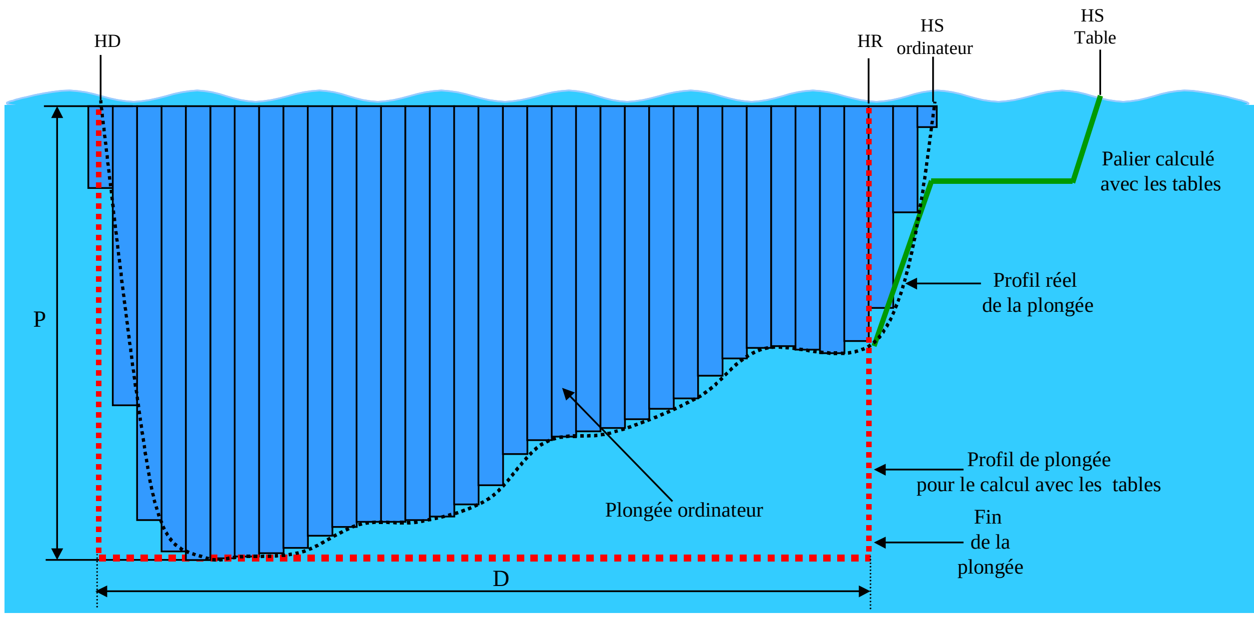


Figure 5 : *Découpage du temps par un ordinateur*

Lors de la descente la profondeur est légèrement majoré, et lors de la remontée cette profondeur est légèrement minorée. Cela influe très peu lors de la prise de la pression.

Les informations nécessaires aux calculs de la décompression sont :

L'altitude

dans les modèles ou l'altitude est programmable elle peut être choisie manuellement, ou bien ajusté automatiquement.

- Sur le Vyper de Suunto ou le stinger 3 altitudes sont sélectionnables :
A0 0-300m A1 300-1500m A2 1500 –3000m,
- Sur le Mares M1 4 altitudes sont sélectionnables :
0-700, 700-1500, 1500-2400, 2400-3700.

La pression

les mesures s'effectuent toutes les secondes et sont majorées lors de la descente, et minorée pendant la remontée pour satisfaire le principe de sécurité dans la plongée.

Le temps de plongée

Il est calculé grâce à un chronomètre qui va calculer la durée effective de la plongée. Ce chronomètre sera déclenché dès que le plongeur aura atteint une pression suffisante (qui correspond à une profondeur d'environ 1 m) et son arrêt sera provoqué dès que la profondeur sera insuffisante (profondeur de moins de 1 m).

En fonction de la salinité de l'eau ces profondeurs peuvent varier (variation entre l'eau douce et l'eau de mer)

Les fonctions apportées par les ordinateurs :

Le temps avant palier (No Decompression time)

Il prévient le plongeur du temps restant avant un prochain palier. Ce temps varie en fonction de la profondeur d'évolution. En effet si le plongeur remonte ce temps va augmenter car la pression va diminuer et les tissus vont se désaturer, par contre s'il redescend ce temps diminuera. Cette donnée permet de continuer une plongée en restant dans un profil sans palier. Il suffit de remonter régulièrement chaque fois que le temps avant palier se rapproche de 0. C'est un profil multi-niveaux continu, le type même de plongée pour lequel le modèle de décompression est conçu.

Les paliers et les temps de palier

Lorsque le temps avant palier arrive à zéro un palier est affiché avec une profondeur et un temps. Le plongeur n'est pas obligé de remonter immédiatement avec la vitesse réglementaire pour faire le palier indiqué avec le temps indiqué. Rien n'empêche le plongeur de continuer sa plongée en remontant sensiblement de manière à éliminer progressivement l'azote des tissus. Dans certains cas cette remontée peut faire disparaître le palier avant de l'avoir atteint ; dans d'autre cas, la saturation des tissus sera telle qu'elle imposera quand même un palier. Il faut néanmoins vérifier que l'autonomie en air puisse assurer ce type de remontée et/ou les paliers.

La vitesse de remontée

Les ordinateurs permettent de calculer la vitesse de remontée des plongeurs en leur imposant des limites à ne pas excéder, garantie de leur sécurité. Le principe initial reprend celui des tables de plongée où les vitesses de remontées sont de 15m/min jusqu'aux paliers et de 6m/min inter-palier. Avec les ordinateur la vitesse est calculée régulièrement, toute les secondes, par une mesure de pression. Ces valeurs sont également filtrées de manière à ne intégrer aux calculs des valeurs parasites comme le déplacement d'un bras lors de la plongée. La plupart fournissent des informations et alarmes (visuelles et/ou sonores) pour informer le plongeur de cette vitesse.
Les vitesses sont, selon les marques et les modèles, fixes ou variables.

Par exemple sur le Vyper de Suunto

Segment	Aucun	1	2	3	4	4 + Slow + prof. Clign. + bip
Vitesse	Moins de 4 m/min	4 à 6 m/min	6 à 8 m /min	8 à 10 m/min	10 à 12 m/min	12 m/min ou > 10m/min en permanence

Le temps avant envol

C'est le temps qu'il est nécessaire d'attendre avant de prendre un avion, et qui permettra d'atteindre une désaturation suffisante dans les compartiments pour que cela ne pose pas de problème à une pression de 0,8 bar (pression de pressurisation dans les avions de ligne).

D'autres ordinateurs se contentent de décompter un temps de 24h à partir de l'heure de sortie de la dernière plongée.

Les alarmes

En majorité, les ordinateurs possèdent deux types d'alarme :

- Les alarmes d'avertissement
- Les alarmes définitives

Les premières préviennent le plongeur que son action de plongée est entrain de la conduire hors des limites du cadre d'utilisation de l'ordinateur (remontée rapide, palier violé, déclenchement d'un palier etc…). Si le plongeur corrige sa procédure l'ordinateur va revenir à un mode de fonctionnement normale.

Dans les deuxièmes types, l'ordinateur se met en mode alarme définitive ce qui peut provoquer selon les modèles :

- Un blocage définitif (un peu stupide !!!)
- Il Continue à enregistrer les paramètres en donnant une décompression possible mais en indiquant qu'une alarme est survenue. (il ne faut pas tenir compte des données fournies par la machine).

Une fois remontée en surface la machine reste non utilisable comme ordinateur pendant 24 à 72 heures selon les modèles. Son utilisation est possible en timer/profondimètre.

(voir procédure le paragraphe procédure à suivre en cas de panne)

Procédure à suivre en cas de panne

Une première règle en cas de panne d'un ordinateur (si on a que ce moyen de décompression), est de mettre fin à la plongée.

Pour une plongée simple, si le plongeur a en mémoire la profondeur et le temps de la dernière lecture sur l'appareil, il suffit de remonter à la vitesse des petites bulles, et de calculer la décompression aux tables.

Pour une plongée successive, remonter lentement jusqu'à 6m et y rester 3'. Si vous vous souvenez des indications de palier de votre ordinateur avant qu'il ne tombe en panne faites les paliers et majorez de 5 min. Si cela est impossible, recalculer avec les tables les paliers en intégrant la majoration dû à votre 1ière plongée etc…

Ne plus plonger pendant 24 heures.

Avantages et inconvénients

Avantages

- Ils autorisent des temps de plongée plus longs pour des profils de plongée équivalents.

- Leur utilisation est facile (simple lecture sur le cadran) et ils réduisent quasiment à zéro les risques d'erreur de calcul dans les tables.
- Ils obligent des vitesses de remontée plus lente que la plupart des tables, et c'est, à en croire les spécialistes, plutôt une bonne chose (les vitesses de remontée dépassant les 15 mètres minutes sont aujourd'hui très déconseillées). De plus, leurs indications visuelles et/ou auditives aident le plongeur à respecter ces vitesses.
- Ils enregistrent le profil de plongée dans leur mémoire. D'une part, il est possible, une fois rentré chez vous, de le transférez sur votre PC, mais surtout, en cas d'accident, les médecins peuvent avoir l'historique précis de votre plongée.
- Les calculs qu'ils font pendant les intervalles de surface sont beaucoup plus complets (ils calculent sur tous les tissus) que les modèles des tables (un seul tissu).

Inconvénients

- Ils laissent penser aux plongeurs qu’ils peuvent tout calculer avec des profils parfois très peu académiques
- Leur facilité d’utilisation, rendent les plongeurs paresseux de toutes planifications des plongées.
- En cas d’utilisation d’ordinateurs différents dans une palanquée, les plongeurs doivent se référer à la machine la plus pénalisante.
- En cas de remontée avec des machines indiquant des vitesses différentes, les plongeurs peuvent des disperser en se focalisant trop sur leur appareils.
- La possession d’un ordinateur ne dispense aucunement d’emporter des tables immergeables.
- Il faut connaître parfaitement l’utilisation de sa machine, en prenant soin de lire très attentivement son manuel d’utilisation

Utilisation d’un ordinateur

En surface avant de plongée

- Toujours mettre son ordinateur sous tension avant de plonger : cela permet de connaître l’état de la batterie (bar graphe, pourcentage etc…)
- De se rendre compte d’un disfonctionnement avant d’être dans l’eau !!!

En mode surface

- Planification des plongées (mode simulation, plan etc…)
- Activation des alarmes (profondeur Max, temps de plongée etc…)
- Réglage de l’altitude (si cette action est mécanique…)
- Entrées de paramètres (pas tous les ordinateurs…)

En plongée

La majorité des ordinateurs ne sont plus manipulables dès qu’ils sont passés en mode plongée (au delà de 1 m).

Le temps et la profondeur sont mémorisés et la décompression est calculée.

En surface après la plongée

Les ordinateurs repasse en mode surface au terme de quelques minutes. Il est possible alors de visualiser :

- le profil de plongée (logbook)
- L’attente avant de prendre l’avion (no fly)

Un exemple d’algorithme est présenté dans la figure suivante :

Avant plongée :
Test des piles
Choix Altitude
Mode planification

Après plongée :
Délai avion
Temps résiduel de désaturation

Mode surface
Maintien du mode surface
Pression suffisante
Oui
Non
Mode immersion
Mode SOS
Mode blocage (48 h)
Etc.
Mémorisation temps
Calcul de la profondeur
Non
Surface ?
Oui
Correction
Non
Modèle Mathématiques de Décompression :
Bülhmann
Spencer
Comex
…
Détermination de la saturation des tissus
Non
Vitesse de Re-montée trop rapide
Oui
Alerte
Bips sonores /affichages
Calcul du temps avant palier Et/Ou des paliers éventuels
Palier atteint
Non
Calcul de la vitesse de remontée
Non
Oui
Palier interrompu
Oui
Temps de palier à faire

Figure 6 : Exemple d'algorithme pour un ordinateur

Les interfaces

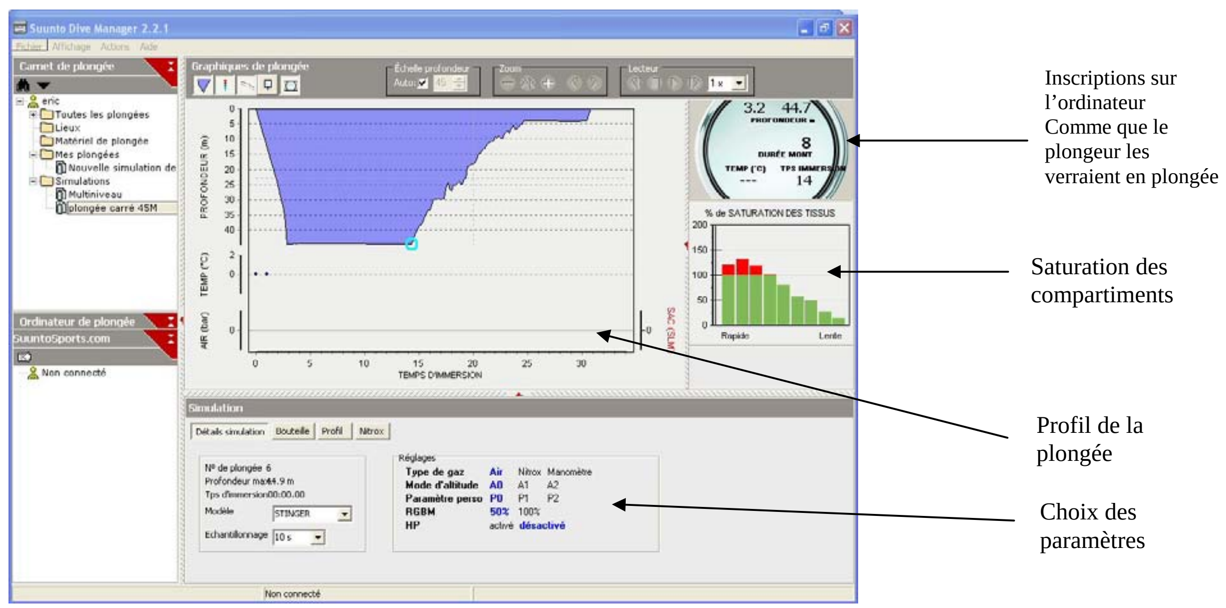


Figure 7 Interface Suunto Dive Manager

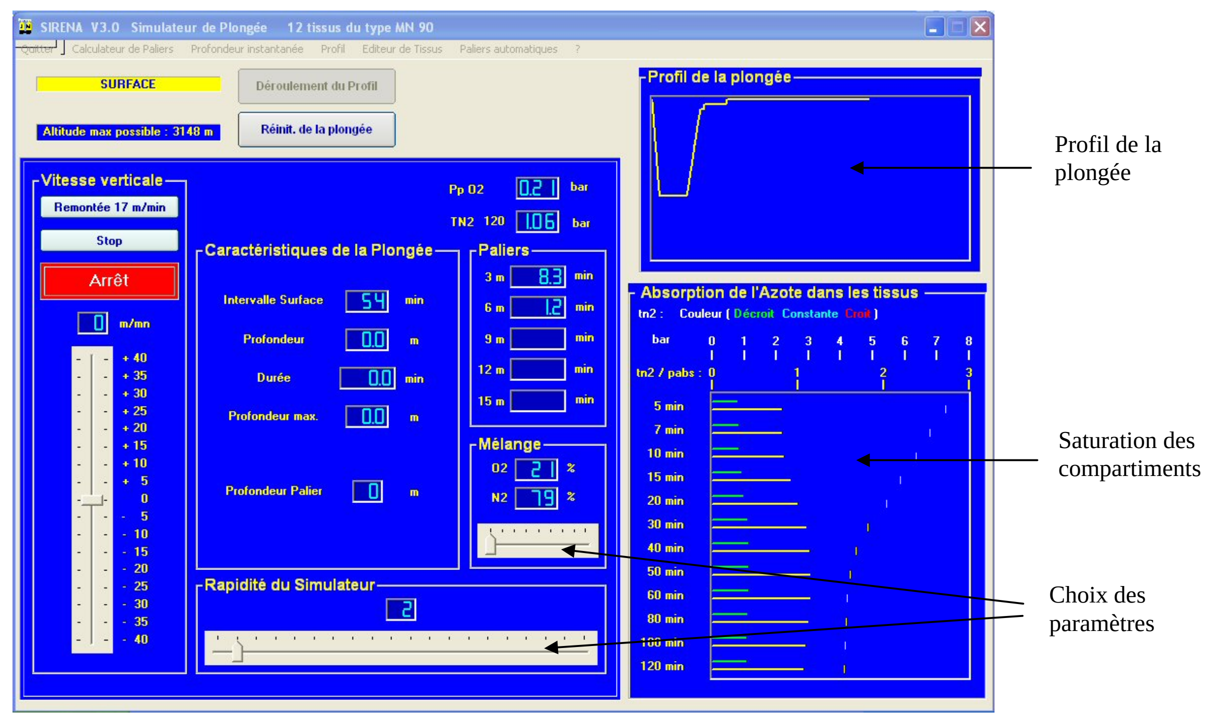


Figure 8 : Interface Siréna

Profil de la plongée

Indication des instruments

Saturation des compartiments

Figure 9 : Interface IRIS